

発明の名称

表面加工体及び表面加工方法並びに表面加工装置

関連出願のクロスリファレンス

本願は、2002年7月19日出願に係る米国特許出願第10/198,080号出願の一部継続出願である現在継続中の2002年10月15日出願に係る米国特許出願第10/270,181号出願の一部継続出願である。

発明の背景および関連技術

本発明は、流体中を相対的に運動する表面加工体に関する。

流体が流れる物体の表面に、ディンプルを設け流体の抵抗を低減する等の流体の流れ状態を改善する技術が知られている。ゴルフボールはディンプルの形成によって飛距離が伸びることはよく知られているし、その他特許文献にこのような技術が開示されている。

例えば、特開平11-304300号公報（特許文献1という）では、冷媒を通す部分の面に複数のディンプルを形成した高効率で低騒音の冷凍サイクルが提案されている。又、特開平8-247343号公報（特許文献2という）によれば、内周面に多数のディンプルを設け伝熱効率を向上させた伝熱管が開示されている。更には、特開平10-28314号公報（特許文献3という）によれば、表面にディンプルを形成し空気抵抗を減らして風圧荷重による横揺れを低減させたパイプ式ジャンパ装置が公に知られている。尚更には、特開平11-190471号公報（特許文献6という）によれば管路抵抗を低減させ水平管路として使用可能とした低管路抵抗管が、特開2000-55014号公報（特許文献7という）によればディンプルを規則的に配列し流体の抵抗を大きく減少させ得る流体の抵抗緩和装置が、それぞれ提案されている。

又、本出願人は、特開平5-149204号公報（特許文献4という）において吸気通路の壁面を多数の小さな凹凸状としたエンジン用吸気管を提案し、特開平5-149132号公報（特許文献5という）において排気通路の壁面を多数

の小さな凹凸状としたエンジン用排気管を提案し、一定の効果を得ることが出来た。

発明の概要

本発明は、流体の抵抗を低減する等の効果を得ようとする点において、上記従来の技術と目的を同じくし、本発明は、更に大きな効果を得るべくなされたものである。上記従来の技術が、ディンプル乃至凹凸を、プレスや鋳造成形法等により形成して、流体が流れる物体の表面における流体の流れ状態を改善するに対し、本発明は、流体が流れる物体の表面における流体の流れ状態を改善する必要性は、極表面の流体の流れ状態を対象とするだけでよく、表面のディンプル乃至凹凸は、表面の平滑性と併せて具体的条件が定められるべきとの考えの下、研究が重ねられ、なされたものである。

即ち、本発明によれば、先ず、次の3つの表面加工体が提供される。

本発明に係る第1の表面加工体は、流体中を相対的に運動する表面加工体であって、その表面に、径が $10 \sim 2500 \mu\text{m}$ であり深さが $50 \mu\text{m}$ 以下であり且つ連続して形成されたディンプルを有することを特徴とするものである。

本発明に係る第2の表面加工体は、流体中を相対的に運動する表面加工体であって、その表面に、径が $10 \sim 2500 \mu\text{m}$ であり深さが $50 \mu\text{m}$ 以下であり且つ連続して形成されたディンプルを有するとともに、表面粗さ R_a が $10 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするものである。

上記第1及び第2の表面加工体においては、ディンプルが不定形状であることが好ましい。

又、上記第1及び第2の表面加工体は、より具体的には鋳造成形された鋳物であることが好ましい。

更に、上記第1及び第2の表面加工体は、壁部により形成された中空部を有するものであって、上記特徴を発現する表面が、その中空部を形成する壁部の表面であることが好ましい。

本発明に係る第3の表面加工体は、流体中を相対的に運動する表面加工体であって、鋳造成形された鋳物であり、壁部により形成された中空部を有し、中空部

を形成する壁部の表面は、表面粗さ R_a が $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするものである。

上記第1、第2及び第3の表面加工体は、鋳鉄又は鋳造用軽合金を主材料としてなることが好ましい。

本発明によれば、上記第1、第2及び第3の表面加工体であって鋳鉄又は鋳造用軽合金を主材料としてなるものとして、インテークマニホールド、タービンハウジング、コンプレッサカバー、シリンダヘッド、エアダクトからなる車両用通気系部品群から選ばれる何れか1の部品が提供される。

次に、本発明によれば、流体中を相対的に運動する表面加工体の、表面を加工する方法であって、径が $\phi 5\text{ mm}$ 以上の多面体又は球状体が少なくとも含まれる表面加工材を、表面に衝突させることを特徴とする表面加工方法が提供される。

本発明に係る表面加工方法においては、表面加工材が、2種以上で構成されることが好ましい。更に、衝突が、表面加工体及び表面加工材の何れか又は双方の揺動によって生じることが好ましい。

本発明に係る表面加工方法においては、表面加工体が壁部により形成された中空部を有し、表面加工体の加工される表面が中空部を形成する壁部の表面である場合には、中空部に表面加工材を投入して、表面加工体を揺動させて衝突を生じさせることが出来る。このとき、表面加工材の投入量は、中空部に対し、体積比で概ね5～70%であることが好ましい。

本発明に係る表面加工方法においては、表面加工体が壁部により形成された中空部を有し、表面加工体の加工される表面が中空部を形成する壁部の表面である場合には、上記揺動にかかる振動数は概ね5～20Hzであることが好ましい。又、揺動にかかる揺れ幅は概ね30～200mmであることが好ましい。更に、揺動の延べ揺動時間は概ね3～120分であることが好ましい。

本発明に係る表面加工方法においては、表面加工体を構成する主材料が鋳鉄又は鋳造用軽合金であることが好ましい。この場合には、上記表面加工材の少なくとも一部が、金属材料からなることが好ましい。

次に、本発明によれば、物体の表面を人工的に加工する装置であって、その表面を構成面として含む密閉空間に表面加工材が投入された物体を任意の向きに固

定し得る固定手段と、その固定手段を揺動させる揺動手段と、を有することを特徴とする表面加工装置が提供される。このとき、揺動手段は、原動機と、その原動機に接続されたクランクとを有することが好ましい。

次に、本発明によれば、壁部により形成された中空部を有する鋳物を製造する方法であって、鋳型内に溶湯を注入して鋳造成形をした後に、中空部を形成する壁部の表面の残存物の除去処理と、中空部を形成する壁部表面の平滑化処理とを、同時に行うことを特徴とする中空鋳物の製造方法が提供される。

本発明に係る中空鋳物の製造方法においては、鋳造成形の後に、壁部により形成された中空部に平滑化材を投入して鋳物を揺動させる工程を有することが好ましい。換言すれば、中空部に平滑化材を投入して鋳物を揺動させることにより、上記残存物の除去処理と中空部を形成する壁部表面の平滑化処理とが実現され得るのである。

又、本発明に係る中空鋳物の製造方法においては、上記溶湯の主原料として鋳鉄若しくは鋳造用軽合金を用いることが好ましい。

次に、本発明によれば、上記中空鋳物の製造方法により作製されたインテークマニホールド、タービンハウジング、コンプレッサカバー、シリンダヘッド、エアダクトからなる車両用通気系部品群から選ばれる何れか1の部品が提供される。

更に、本発明によれば、壁部により形成された中空部を有する鋳物の表面から砂を除去する方法であって、中空部に衝撃付与材を投入して鋳物を揺動させることを特徴とする中空鋳物の砂除去方法が提供される。本発明に係る中空鋳物の砂除去方法は、砂除去対象である鋳物の表面が従来簡単には砂除去出来なかった中空部を形成する壁部表面である場合に有用である。

本発明に係る中空鋳物の砂除去方法においては、衝撃付与材が投入される中空部は鋳物が有する中空部の一部でもよく全部でもよい。即ち、本発明に係る中空鋳物の砂除去方法によれば、衝撃付与材を投入した中空部内で揺動した当該衝撃付与材が中空部を形成する壁部に衝突することで生じた衝撃により、衝撃付与材を投入しなかった中空部内の砂をも除去し得るのである。

本発明に係る中空鋳物の砂除去方法において、衝撃付与材を投入すべき中空部

が限定されるものではないが、例えば、種々の大きさ乃至径を有する複数の中空部を有する鋳物において、大きい空間を有する中空部乃至大径の中空部に衝撃付与材を投入すると、その衝撃付与材を揺動させたときに、より有効に衝撃を生じ易く、より小さい空間から構成される中空部乃至小径の中空部には衝撃付与材を投入しなくても、砂除去の目的は達成し得る。

本発明に係る中空鋳物の砂除去方法において、砂除去を施す対象である鋳物が、中空部の一部として冷却水路を有する車両用通気系部品である場合には、衝撃付与材が投入される中空部は、その冷却水路を除いた中空部であることが好ましい。そのようにしても、冷却水路内の砂は容易に除去され得る。中空部の一部として冷却水路を有する車両用通気系部品としては、例えば、シリンダヘッド、インテークマニホールド、エキゾーストマニホールド等が例示される。そして、シリンダヘッドでは、冷却水路を除く中空部は吸気ポート及び排気ポートが該当する。

本発明に係る中空鋳物の砂除去方法においては、揺動にかかる振動数が、概ね $5 \sim 20 \text{ Hz}$ であることが好ましい。又、揺動にかかる揺れ幅が、概ね $30 \sim 200 \text{ mm}$ であることが好ましい。更に、揺動の延べ揺動時間が、概ね $1 \sim 120$ 分であることが好ましい。

本発明に係る中空鋳物の砂除去方法において、衝撃付与材は、直径が概ね $\phi 3 \sim 30 \text{ mm}$ の金属球から構成され、同一の径の金属球又は異なる径の金属球の混合材からなることが好ましい。

又、本発明に係る中空鋳物の砂除去方法は、鋳物を構成する主材料が、鋳鉄若しくは鋳造用アルミニウム合金である場合に好適である。

次に、本発明によれば、以下に示す2つの揺動装置が提供される。第1の揺動装置は、原動機と、原動機に接続される回転軸と、回転軸に設けられる少なくとも2のクランクと、クランクの各々とロッドを介して接続されるとともに概ね対称に分配配置される2以上の揺動板と、揺動板に取り付けられ揺動板を直線運動させる2以上の摺動案内機構と、を具備し、原動機の与えた回転運動が、回転軸に備わる少なくとも2のクランクによって対向する二の往復運動に変換され、少なくとも2のクランクと接続され分配配置された2以上の揺動板が、摺動案内機

構に沿って対向する二の往復運動をすることにより、揺動板に固定された２以上の被揺動体を、対向方向に同時に揺動させることを特徴とするものである。

本発明に係る第１の揺動装置においては、回転軸が原動機に接続され、クランクは合わせて少なくとも２あればよく、クランクは回転軸毎に２以上あってもなくてもよい。クランクと回転軸との関係において態様は一に限定されず、様々な態様が考えられる。又、２以上の揺動板は概ね対称に分配配置されるが、その対称軸は、通常、回転軸になるものの、２以上の揺動板が対向する二の往復運動をするように配置されればよく限定されるものではない。以下に好ましい態様を例示する。

本発明に係る第１の揺動装置においては、回転軸が２以上備わり、各々の回転軸が少なくとも１のクランクを有するとともに原動機と１次的に接続されることが好ましい。尚、本明細書において、回転軸が原動機と１次的に接続されるとは、回転軸と原動機とが直接又は所定の伝導部材を介して接続されることを意味する。

より具体的な態様を以下に説明する。本発明に係る第１の揺動装置の具体的一例は、架台と、架台に載置される台板と、台板と垂直に回転自在に取り付けられるとともに各々に少なくとも１のクランクが備わる２の回転軸と、伝導部材を介し上記２の回転軸と接続される原動機と、２の回転軸の各々のクランクとロッドを介して接続されるとともに２の回転軸を挟んで２の回転軸に対し概ね対称に分配配置される２以上の揺動板と、台板に固定されるとともに揺動板を移動自在に取り付ける２以上の摺動案内機構と、を具備し、原動機の与えた回転運動が２の回転軸に伝わり、２の回転軸毎に備わるクランクによって対向する二の往復運動に変換され、分配配置された揺動板が摺動案内機構に沿って、回転軸に対し概ね対称に対向する二の往復運動をすることにより、揺動板に固定された２以上の被揺動体を対向方向に同時に揺動させるものである。

又、本発明に係る第１の揺動装置においては、回転軸が２以上備わり原動機と１次的乃至多次的に接続されるとともに、最終段の回転軸が少なくとも２のクランクを有することが好ましい。尚、本明細書において、回転軸が原動機と多次的に接続されるとは、１次的に接続された回転軸に接続された２次回転軸があり、

又それに接続された3次回転軸がある等の態様を意味する。最終段の回転軸とは、クランク及びロッドを介し揺動板と接続される回転軸を意味し、1又は2以上あってもよい。

より具体的な態様を以下に説明する。本発明に係る第1の揺動装置の具体的他例は、架台と、架台に載置される台板と、台板の一の面側に回転自在に取り付けられる1次回転軸と、1次伝導部材を介し1次回転軸と接続される原動機と、台板の他の面側に回転自在に設けられ2次伝導部材を介し1次回転軸と接続されるとともに少なくとも2のクランクが備わる2次回転軸と、2次回転軸の各々のクランクとロッドを介して接続されるとともに2次回転軸に対し概ね対称に分配配置される2以上の揺動板と、台板に固定されるとともに揺動板を移動自在に取り付ける2以上の摺動案内機構と、を具備し、原動機の与えた回転運動が1次回転軸を経て2次回転軸に伝わり2次回転軸に備わる少なくとも2のクランクによって対向する二の往復運動に変換され、上記分配配置された揺動板が摺動案内機構に沿って対向する二の往復運動をすることにより、揺動板に固定された2以上の被揺動体を対向方向に同時に揺動させるものである。

本発明に係る第1の揺動装置は、2以上の被揺動体が対向方向に同時に揺動するので、振動が打ち消され、被揺動体及び装置自体への負担が軽減される。更に、被揺動体を単体で順次揺動する必要がなく、一度に複数が処理されるので効率がよい。

本発明に係る第1の揺動装置においては、回転運動を、少なくとも2のクランクが、対向する二の往復運動に変換するのであるから、2つのクランクは180°反対を向いて設けられる。数として少なくとも2であるがクランクの形成態様（方向）としては2種類（2方向）である。即ち、クランクはロッドを介して接続される揺動板を往復運動させるため揺動板を接続する役割を有し、その目的で2つ以上、例えば4つ設けられる場合もあり得るが、4つの場合でも同じ形成態様の（同じ方向を向いた）クランクが2つと、それとは異なる同じ形成態様のクランクが、2つ取り付けられる。

本発明に係る第1の揺動装置において、2以上の揺動板の対向する二の往復運動とは、2以上の揺動板のそれぞれの往復運動としては概ね同じ振幅、同じ方向

の運動であるが、その周期が互いに半サイクルずれている運動をいう。即ち、一方が往の方向に進むとき他方が必ず復の方向に進む運動を指す。更に、2以上の揺動板が2以上の摺動案内機構に取り付けられるが、摺動案内機構と揺動板の数は同じでも異なってもよく、例えば2枚の揺動板を4つの摺動案内機構に取り付けてもよい。

本発明に係る第1の揺動装置において、2以上の揺動板が分配配置されるとは、一の側と他の側に概ね同数の揺動板が配置されることをいうが、全く同数でなくてもよい。揺動板が対向する二の往復運動をすることにより、揺動板に固定された被揺動体に対向方向に同時に揺動して、上記効果を生じさせるのであり、揺動板が奇数枚の場合にあっても、配置バランスを工夫することによって、上記効果は生じ得る。例えば、一の側に偶数(m)の揺動板が配置され他の側に奇数($m-1$)の揺動板が配置される場合には、偶数側において隣接する2の揺動板にかかる対称軸の延長線上の位置に、奇数側を配置させればよい。

次に、本発明に係る第2の揺動装置は、2以上の被揺動体を、対向方向に同時に、揺動をさせるように構成され、その揺動にともない発生する振動を抑制可能としたことを特徴とするものである。本明細書において、単に、本発明に係る揺動装置というときには、上記した第1及び第2の揺動装置の双方を指すものとする。本発明に係る揺動装置は、被揺動体が、中空体と表面加工材との混合物である場合に好適である。又、被揺動体が、インテークマニホールド、タービンハウジング、コンプレッサカバー、シリンダヘッド、エアーダクトからなる車両用通気系部品群から選ばれる何れか1の鋳物と表面加工材との混合物である場合に好適である。勿論、これらに限定されず、被揺動体として、バリ、はみ出し、スケール等が付いた加工品等と、研磨剤や研磨助剤と、の混合物も好適であり、例えばこれらを一緒に容器に入れ、その容器を揺動板に固定し揺動させると、加工品等の研磨効果が期待出来る。

上記表面加工材は、少なくとも多面体乃至球状体を呈するものを含むことが好ましい。そして、被揺動体が、上記車両用通気系部品群から選ばれる何れか1の鋳物である場合には、表面加工材は、少なくとも金属材料からなるものを含むことが好ましい。

尚、本明細書において、揺動とは回転軌道上の揺れ動きをいうのではなく、概ね直線軌道上の往復運動をいう。振動と重なる概念であり、限定されるものではないが、比較的、振幅（本明細書において揺れ幅ともいう）が大きく振動数が小さい、速い周期運動を指す。

図面の簡単な説明

図1は、本発明に係る表面加工体の一例であり、中空鋳物の一例である、インテークマニホールドの一実施形態を示す斜視図である。

図2は、本発明に係る表面加工体の一例であり、中空鋳物の一例である、シリンダヘッド、インテークマニホールドの一実施形態を示す断面図である。

図3は、本発明に係る表面加工方法の一実施形態を示す断面図である。

図4は、本発明に係る表面加工装置の一実施形態を示す斜視図である。

図5は、実施例で用いた表面加工体を水平面で切断し中空部を露わにした図である。

図6（a）、図6（b）は、本発明に係る表面加工方法により加工された中空鋳物内面の一例を示す図であり、図6（a）は表面を上からみた光学顕微鏡写真（倍率10倍）であり、図6（b）は表面の断面を示す光学顕微鏡写真（倍率10倍）である。

図7（a）、図7（b）は、従来の中空鋳物内面の一例を示す図であり、図7（a）は表面を上からみた光学顕微鏡写真（倍率10倍）であり、図7（b）は表面の断面を示す光学顕微鏡写真（倍率10倍）である。

図8（a）、図8（b）は、本発明に係る表面加工方法により加工された中空鋳物内面の一例を示す図であり、図8（a）は表面を上からみた光学顕微鏡写真（倍率20倍）であり、図8（b）は表面の断面を示す光学顕微鏡写真（倍率20倍）である。

図9（a）、図9（b）は、従来の中空鋳物内面の一例を示す図であり、図9（a）は表面を上からみた光学顕微鏡写真（倍率20倍）であり、図9（b）は表面の断面を示す光学顕微鏡写真（倍率20倍）である。

図10（a）、図10（b）は、本発明に係る表面加工方法により加工された

中空鋳物内面の一例を示す図であり、図10(a)は表面を上からみた光学顕微鏡写真(倍率50倍)であり、図10(b)は表面の断面を示す光学顕微鏡写真(倍率50倍)である。

図11(a)、図11(b)は、従来の中空鋳物内面の一例を示す図であり、図11(a)は表面を上からみた光学顕微鏡写真(倍率50倍)であり、図11(b)は表面の断面を示す光学顕微鏡写真(倍率50倍)である。

図12は、本発明に係る揺動装置の一実施形態を示す上面図である。

図13は、図12に示す揺動装置の一部を透視したC矢視図である。

図14は、図12に示す揺動装置の一部を透視したD矢視図である。

図15は、本発明に係る揺動装置の他の実施形態を示す上面図である。

図16は、図15に示す揺動装置の一部を透視したB矢視図である。

図17は、図15に示す揺動装置のAA断面図である。

図18は、本発明に係る中空鋳物の製造方法の一例を示す図であり、工程のブロックフロー図である。

図19は、中空鋳物用の鋳型の一例を示す透視した斜視図である。

図20は、中空鋳物の一例を示す透視した斜視図である。

図21は、図19に示す鋳型の断面図である。

図22(a)、図22(b)は中空鋳物の一例であるシリンダヘッドを切断した図であり、図22(a)はシリンダヘッド対向面を下側としたときの側面図であり、図22(b)はシリンダヘッド対向面(図22(a)中下面)を表す図である。

好ましい実施態様の説明

以下、本発明について、順次、実施形態を詳細に説明するが、本発明は以下の記載に限定されて解釈されるべきものではなく、本発明の範囲を逸脱しない限りにおいて、当業者の知識に基づいて、種々の変更、修正、改良を加え得るものである。

先ず、本発明に係る表面加工体について説明する。本発明に係る表面加工体は、流体中を相対的に運動するものである。ここで、流体とは原則として気体又は

液体を指すが、表面加工体と相対的に運動し得るものであれば限定されず、例えば気体又は液体中に粒状乃至粉状の固体が混合されていてもよく、粒状乃至粉状の固体のみでもよい。相対的に運動するとは、流体と流体中に存在する表面加工体との何れか一方又は両方が運動することをいう。位置を変えていない表面加工体に対し流体がその位置を変えてもよく、位置を変えていない流体に対し表面加工体がその位置を変えてもよく、位置を変える流体に対し表面加工体がその位置を変えてもよい。

表面加工体とは、表面に人工的に加工が施された物体をいう。表面とは流体と接し得る全ての面をいい、物体の外に露わにされているものに限定されない。例えば、表面加工体に中空部がある場合に、外から見えなくても、その中空部を形成する壁部の表面は、本明細書にいう表面に該当する。本発明に係る表面加工体は、その表面に特徴を有し、特徴によって3つの表面加工体がある。

第1の表面加工体は、表面に径が $10 \sim 2500 \mu\text{m}$ であり深さが $50 \mu\text{m}$ 以下であり且つ連続して形成されたディンプルを有することを特徴としている。ディンプルとは凹みをいい、ディンプルの形成によって表面加工体の表面には凹凸状領域が形成され、良好な乱流発生要因となり、この凹凸状領域を通過する流体の圧力損失を低下させ得る。この点において本発明に係る第1の表面加工体は従来技術と同じ作用効果を有する。

しかしながら、本発明に係る第1の表面加工体は、上記したように、表面にディンプルが極浅く連続的に形成されている点において従来技術と異なる。従来技術は、ディンプルの径や深さが特定されていないか、又は、その製法（プレスや鋳造成形等）から径や深さはmmオーダーであると推定される。更に、従来技術は、ディンプルの非連続性が図面等で明示されているか、又は、少なくとも連続性を肯定していない。本発明に係る第1の表面加工体は、これらの点において従来技術とは技術的思想を明確に異にするものである。ディンプルが極浅く連続的に形成されている表面とは、換言すれば、きさげ面のような面である。きさげ面とは、金属を削る手持ち工具の一種であるきさげを用いて精密に仕上げられた面を指す。又、本発明に係る第1の表面加工体では、ディンプルが極浅く連続的に形成されているため、ディンプルを形成する前の面がディンプル形成後に明確に

存在しない。更には、ディンプルがその縁を含めて全体が滑らかに形成される。従って、例えば、このような面を流体が流れた場合に、抵抗になる乱流の層は極めて薄いものとなり、表面直近まで容易に流体が移動出来る。これに対し、従来技術では、ディンプルを形成する前の面がディンプル形成後にも明確であり、ディンプルが非連続的に形成されていて、更に、ディンプルが深く、その縁が尖っているため、抵抗になる乱流が出来易く、流体全体に乱流を起こすわけではないが、表面直近の流体の流れを鈍らせる。

第1の表面加工体では、ディンプルの形状は、例えば円形状等の一定形状であってもよく不定形状であってもよい。より好ましくは不定形状である。尚、ディンプルが一定の円形状ではない場合、即ち不定形状の場合において、径とはディンプルの輪郭線に内接する最大の幾何学的に正しい円の直径をいう。ディンプルの連続的な形成は、少なくとも連続的に形成される部分があればよく、表面加工体の表面におけるディンプルの占める割合は限定されるものではないが、好ましくは、ディンプルの占める割合が、面積比で80%以上であることが好ましい。より好ましくは95%以上である。

本発明に係る第2の表面加工体は、表面が、径が10～2500 μm であり深さが50 μm 以下であり且つ連続して形成されたディンプルを有するとともに、表面粗さRaが10 μm 以下であることを特徴としている。表面粗さとは、JIS B0601“表面粗さ一定義及び表示”による表面粗さを指し、表面粗さRaとは、JIS B0601に定義される算術平均粗さをいう。

第2の表面加工体は、その表面に第1の表面加工体と同様のディンプルを有し、且つ、表面粗さRaが10 μm 以下という表面の平滑性が大変高いものである。このような態様により、表面を流れる流体の圧力損失を極小さくする。尚、ディンプルの仕様、効果等は、第1の表面加工体に準じるので、再述しない。

上記第1及び第2の表面加工体は、より具体的には鋳造成形された鋳物であることが好ましい。これは、鋳物は後述する本発明に係る表面加工方法を施し易いからであり、その結果、本発明に係る第1及び第2の表面加工体としての鋳物を容易に得ることが出来るからである。又、上記第1及び第2の表面加工体は、壁部により形成された中空部を有するものであって、上記特徴を発現する表面が、

その中空部を形成する壁部の表面であることが好ましい。尚、本明細書において、壁部により形成された中空部を有する表面加工体を中空体とよび、中空部に対する壁部表面を、中空体内面と記す。

次に、本発明に係る第3の表面加工体は、鋳造成形された鋳物であり、壁部により形成された中空部を有し、中空部を形成する壁部の表面は、表面粗さ R_a が $10\mu\text{m}$ 以下であることを特徴としている。尚、本明細書において、壁部により形成された中空部を有する鋳物を中空鋳物とよび、中空部に対する壁部表面を、中空鋳物内面と記す。即ち、本発明に係る第3の表面加工体は、中空鋳物内面の表面粗さ R_a が $10\mu\text{m}$ 以下である中空鋳物である。

第3の表面加工体は、上記第1及び第2の表面加工体のようにディンプルを有することが条件としない。鋳物の表面は元々凸凹状であり、又、中空鋳物の内面は加工が施し難く、従来、中空鋳物内面の表面粗さ R_a が $10\mu\text{m}$ 以下である中空鋳物は存在していなかった。この点において、本発明に係る第3の表面加工体は優位性を有する。又、上記した如く鋳物の表面は元々凸凹状であり、表面粗さ R_a を $10\mu\text{m}$ 以下としても、連続した極浅い凸凹は残り、流体が流れるその表面における流体の流れ状態は改善され得る。

上記の如く本発明に係る第3の表面加工体は中空鋳物であることを条件とする。そして、限定されるものではないが本発明に係る第1及び第2の表面加工体も中空体又は中空鋳物とすることが出来る。このような態様の本発明に係る第1及び第2の表面加工体は、流体が流れる物体の表面における流体の流れ状態を改善する必要性が多く求められる様々な配管、樋状体、ダクト類等として好適に用いることが出来る。

更に、本発明に係る第1及び第2の表面加工体が中空体であって鋳物（即ち中空鋳物）である場合では、及び、本発明に係る第3の表面加工体では、鋳物であるから鋳型により所望の形状に成形され得て、種々の用途が考えられる。中空鋳物としての好適な用途としては、車両用通気系部品を挙げることが出来る。車両用通気系部品とは、エンジンシリンダに至るまでの空気乃至燃料と空気の混合気体を供給又は排出する系の部品であり、例えば、インテークマニホールド、タービンハウジング、コンプレッサカバー、シリンダヘッド（給排気用のポート）、

エアダクト、等である。

本発明に係る第1、第2及び第3の表面加工体（単に本発明に係る表面加工体ともいう）の特徴を備えたこれら部品により、エンジンシリンダに至るまでの給排気抵抗を小さく出来、同一のエンジンであっても、その出力を、より向上させることが可能である。特に、高回転型のエンジンには、本発明に係る第1、第2及び第3の表面加工体からなる車両用通気系部品が有効である。混合気体の流速が増すほどに通気抵抗は増加するが、相対的に圧力損失低下効果が顕著になるからである。

図1に、本発明に係る表面加工体の一例であるインテークマニホールドの一例を斜視図で示す。インテークマニホールド140は、サージタンク148から、エンジンのシリンダの各吸気ポートに接続される4つの分岐管149が分かれて形成される4気筒エンジン用の給気管である。インテークマニホールド140においては、その役割から、エンジンからみた混合気体（ガソリンと空気等）の吸入効率を向上させるために、中空部146における通気抵抗が小さくなるように、中空部146に対する壁部の表面を滑らかにすることが要求される。

又、図2は、本発明に係る表面加工体の一例であるエンジンのシリンダヘッドを中心とした断面図である。ピストンが上下動するシリンダブロック51上に、吸気ポート54と排気ポート55とを有するシリンダヘッド52が設けられ、更に、インテークマニホールド53が接続されている。例えば、図示しないエアクリーナで濾過された空気は、インテークマニホールド53を通り、図示しない燃料噴射装置等により燃料と混合され混合気体となる。混合気体は、シリンダヘッド52の吸気ポート54を経てインテークバルブの開動作によりシリンダブロック51内に供給され、図示しない点火プラグにより燃焼する。

更に、エアダクトは、エアクリーナとインテークマニホールドとを接続する給気管路であり、タービンハウジングとは、ターボチャージャーを備える自動車における排気ガスを回転動力に変えるための翼車室である。コンプレッサカバーとは、吸入気体を圧送する翼車室である。

本発明に係る表面加工体が、上記の如く中空鋳物である場合を含み鋳造成形された鋳物である場合には、鋳鉄又は鋳造用軽合金を主原料としてなることが好ま

しい。軽合金とは、アルミニウム合金、マグネシウム合金その他である。

鋳鉄とは、所定量の炭素を含む鉄－炭素合金をいう。鋳鉄の種類は限定されるものではないが、より優れる機械的性質を有する球状黒鉛鋳鉄を用いることが、より好ましい。鋳造用軽合金のうち鋳造用アルミニウム合金は、熱処理の有無、含有する他元素及びその組成比、等により種々存在するが、その種類は限定されるものではない。日本工業規格により、J I S 記号 A C 等で規定されているものを用いることが好ましく、例えば、A C 4 C、A C 3 A 等を例示することが出来る。

本発明に係る第 1 及び第 2 の表面加工体は、流体中を相対的に運動する表面加工体であればよく、相対的な運動対象となる流体や、表面加工体自体の構成材料等は限定されるものではない。勿論、形状は中空体に限定されない。中空鋳物ではない場合の本発明に係る第 1 及び第 2 の表面加工体の好適な用途としては、例えば、特許文献 1 ～特許文献 5 に例示されたものであり、冷凍サイクル、伝熱管、パイプ式ジャンパ装置、鋳物ではない吸気管や排気管、等である。その他、種々の気体又は液体が通過する樹脂や金属やセラミックやコンクリート等からなる各種の配管、ダクト、樋、側溝等や、一部を空気中に現し一部を水中に浸し移動する船体や部品、あるいは空気中を移動する飛行機や自動車や電車等の本体や部品等が挙げられる。

続いて、本発明に係る表面加工方法について説明する。本発明に係る表面加工方法は、流体中を相対的に運動する表面加工体の、表面を加工する方法である。本発明に係る表面加工方法においては、径が $\phi 5 \text{ mm}$ 以上の多面体又は球状体である表面加工材を、表面に衝突させるところに特徴を有する。それによって、表面加工材が、表面を摺動による研磨乃至僅かに押し潰し変形させて、平滑性を向上させる。

本発明に係る表面加工方法においては、表面加工材は限定されるものではないが、2 種以上で構成されることが、より好ましい。ここで 2 種以上とは、材料が 2 種以上及び形状が 2 種以上の何れか又は両方をいう。形状を 2 種以上とすることで表面加工材が衝突し難い表面部分をより少なくすることが出来る。又、材料を 2 種以上とすることで表面の変形の程度を調節することが出来る。

更に、上記衝突は、表面加工体及び表面加工材の何れか又は双方の揺動によって生じることが好ましい。例えば、一定の密閉空間に表面加工体と表面加工材とを混在させて何れか又は双方を揺動させるか、あるいは、表面加工体の加工対象である表面を含む閉空間を設け、そこに表面加工材を入れて表面加工体を揺動させるの方法、その他を採用することが出来る。この手段によれば、表面加工体の表面に砂又は粉体からなる表面加工材を投射する等の従来の手段による梨地肌と比較して、より速く、滑らかなくぼみ肌、あるいは、肌触りのよい平滑表面、が形成される。

以下に、表面加工体が壁部により形成された中空部を有し、その中空部を形成する壁部の表面（中空体の中空体内面）を加工対象とする場合について説明する。この場合には、中空部に表面加工材を投入して密閉し、表面加工体を揺動させて衝突を生じさせることが可能である。

中空体を形成する材料に適した硬さを有する表面加工材を、中空部に投入し、その中空部の開口を閉じて、好ましい揺れ幅、振動数、揺動時間で、例えば後述する表面加工装置を用いて、中空体を揺動させる。そうすると、表面加工材は中空体内面に対し衝突を繰り返す。

このとき、表面加工材の投入量は、中空部に対し、体積比で概ね5～70%であることが好ましい。表面加工材が中空部の中で自由に動き、表面加工材と中空体内面との衝突回数が確保されることを担保するためである。5体積%未満では、表面加工材は中空部の中で自由に動くものの、中空体内面の面積に対し表面加工材が少なすぎる結果、表面加工材と中空体内面との衝突回数及び加圧力が確保されずに、中空体内面が平滑になり難く、好ましくない。70体積%より多いと、表面加工材が中空部の中で自由に動く範囲が限定され、表面加工材と中空体内面との衝突回数及び加圧力が確保されずに、同じく中空体内面の全面が平滑になり難く、好ましくない。

以下、表面加工材と中空体内面とを衝突させる場合における揺動条件について記載する。本発明に係る表面加工方法は、表面加工体が中空体であり揺動により衝突を生じさせる場合に、揺動条件を限定するものではないが、より好ましい条件としては、以下の通りである。尚、表面加工体が中空体でない場合の揺動条件

も限定されない。

振動数は、概ね5～20Hzであることが好ましい。表面加工材と中空体内面との単位時間あたりの衝突回数を確保するためである。振動数が5Hz未満では、表面加工材と中空体内面との衝突回数が確保されず、表面加工材が中空体内面を平滑しきれずに、表面粗さが向上せず、好ましくない。又、表面加工材の数にもよるが、振動数が20Hzより多くても、表面粗さの向上効果は小さく、振動数を上げるために費やすエネルギー対効果は低下するため、好ましくない。尚、本明細書において、振動数とは時間あたり繰り返される揺動の回数を指し、単位はヘルツ（Hz）である。

又、揺動の揺れ幅は、概ね30～200mmであることが好ましい。中空部内での表面加工材の移動範囲を適切に設定することを通して、表面加工材と中空体内面との単位時間あたりの衝突回数を確保するためである。揺れ幅が30mm未満では、表面加工材と中空体内面との衝突回数が確保されず、表面加工材が中空体内面を平滑しきれずに、表面粗さが向上せず、好ましくない。又、揺れ幅が200mmより大きくても、表面加工材が中空体内面に接している時間が長くなるだけで、表面加工材と中空体内面との衝突回数は増加せず、表面粗さの向上効果は大きくはない。

更には、揺動の延べ揺動時間は、概ね3～120分であることが好ましい。表面加工材と中空体内面との延べ衝突回数を確保するためである。延べ揺動時間が3分未満では、表面加工材と中空体内面との延べ衝突回数が確保されず、表面加工材が中空体内面の全面を平滑しきれずに、表面粗さにバラツキが生じ、好ましくない。又、延べ揺動時間が120分より多くても、表面粗さの向上効果は小さく、時間対効果は向上しないため、好ましくない。

以下に、表面加工体が中空鋳物であり加工される表面が中空鋳物内面である場合について説明する。上記したように、表面加工体が中空体であり、中空体の中空体内面を加工対象とし、中空部に表面加工材を投入して密閉し、表面加工体を揺動させて、表面加工材と中空体内面とを衝突させる方法は、表面加工体が中空鋳物であり加工される表面が中空鋳物内面である場合に、特に有用である。

従来、中空鋳物内面を加工を施すことは困難であったので、中空鋳物内面を平

滑にするために、例えば表面が滑らかな中子を使用する等の手段を用いていた。この場合には、中空鋳物内面の表面粗さ R_a は、下限において概ね $8.8 \mu\text{m}$ 、平均して概ね $12.5 \sim 15 \mu\text{m}$ であった。上記した本発明に係る表面加工方法を採用すると、中空鋳物内面の表面粗さ R_a を $10 \mu\text{m}$ 以下にすることが容易である。

又、従来は、中空鋳物内面の平滑性を向上させるために、特別小さい粒度の砂により成形し塗型剤を塗布する等を施して中子を用意していたが、この必要がなく中子の作製にかかるコストが低減される。その上、従来は、塗型剤塗布によりガスが抜け難くなることに起因して薄い中空中子を採用する結果、中子の強度が低下し亀裂が発生し易く、それに伴いバリが形成されることがあったが、そのような問題が生じる確率も格段に低減され得る。

中空鋳物を対象とする本発明に係る表面加工方法は、中空鋳物内面に対し表面加工材が衝突を繰り返すことによって中空鋳物内面の表面粗さを改善することから、表面加工された中空鋳物内面には滑らかなディンプルが形成される。図7 (a) (倍率10倍)、図9 (a) (倍率20倍)、図11 (a) (倍率50倍) は表面加工を施していない中空鋳物の鋳肌表面を上からみた光学顕微鏡写真であり、図7 (b) (倍率10倍)、図9 (b) (倍率20倍)、図11 (b) (倍率50倍) は表面加工を施していない中空鋳物の鋳肌表面の断面を表す光学顕微鏡写真である。対して、図6 (a) (倍率10倍)、図8 (a) (倍率20倍)、図10 (a) (倍率50倍) は本発明に係る表面加工方法により平滑化された中空鋳物の鋳肌表面を上からみた光学顕微鏡写真であり、図6 (b) (倍率10倍)、図8 (b) (倍率20倍)、図10 (b) (倍率50倍) は本発明に係る表面加工方法により平滑化された中空鋳物の鋳肌表面の断面を表す光学顕微鏡写真である。図示されるように、ディンプルは、従来技術 (プレス又は鋳造成形) でみられる、型で成形された凹部又は凸部の如く、一定形状ではなく、不定形状を呈している。

中空鋳物を揺動させるにあたり、中空部の開口を閉じる必要があるが、端部には中空部に続く外部空間を形成することが好ましい。外部空間を形成せずに中空部の開口を閉じると、開口端部まで表面加工材が移動し難くなり、開口端部の表

面粗さが向上しないので好ましくない。

外部空間を、図3に例示する。図3は、図1に示すインテークマニホールド140の分岐管149の開口を、覆蓋61で閉じたところを表す断面図である。覆蓋61により外部空間62が形成されているので、中空部146に投入された表面加工材は、インテークマニホールド140を揺動させることによって、中空部146の開口端部においても自由に運動し、壁部145の表面を均一に加工し得る。尚、全ての開口端部は閉塞される。又、外部空間の形成は、表面加工体が鋳物ではない中空体の場合にも適用される。

又、中空鋳物を揺動させるにあたり、中空鋳物を揺動させる方向を、表面加工材と中空鋳物内面との衝突回数が確保されるように、選定することが好ましい。好ましい方向は中空鋳物の中空部の形状により異なる。

例えば、図1及び図3に示すサージタンク148と分岐管149とが交錯した形状を有するインテークマニホールド140を揺動させる場合には、インテークマニホールド140の中空部146の何れかの長手方向、即ち、図3に示す矢印Q乃至矢印Pで示される方向に揺動させることは好ましくない。中空部146での移動距離が長くなる側の表面加工材の比率が増えて、揺動による表面加工材と中空鋳物内面との衝突回数が減じられるからある。インテークマニホールド140を揺動させる場合に好ましい揺動方向は、例えば、図3に示す矢印S乃至図1に示される矢印Rで示される方向である。尚、揺動中に方向を変えることも好ましい。又、揺動方向の選定は、表面加工体が鋳物ではない中空体の場合にも適用される。

本発明に係る表面加工方法においては、記述の如く、表面加工材は限定されるものではないが、中空鋳物を加工対象とし、中空鋳物を構成する材料が、鋳鉄又は鋳造用アルミニウムである場合には、砂除去を兼ねることが多いことから、表面加工材として、少なくとも一部に金属材料からなる多面体又は球状体（塊状体ともいう）を含むことが好ましい。

表面加工材は、例えば金属球又はカットワイヤを含むものが好ましい。金属球又はカットワイヤを単独で用いてもよく混合して用いてもよい。更に、金属粒、研削剤乃至研磨剤、乾燥砂、等を混合し、2以上の混合物として、用いることも

出来る。又、塊状体として大小の異なる金属球を用いることも好ましい。大きさの異なる表面加工材を混在させることにより、それら表面加工材が、より均一に漏れなく中空鑄物内面に対し衝突及び擦り動きを繰り返すとともに、加圧されコイニング状態になり、中空鑄物内面の平滑性を向上させ得るものと考えられるからである。

金属球の径若しくはカットワイヤの長さ、あるいは、金属球若しくはカットワイヤを構成する材料等は、中空鑄物を構成する材料、中空鑄物の中空部の断面積、等を考慮して決定すればよく、限定されるものではない。より具体的に例示すると、中空鑄物がアルミニウム合金からなる車両用通気系部品の場合には、 $\phi 5 \sim 20 \text{ mm}$ の鋼球乃至ステンレス球、及び、 $\phi 0.6 \sim 1.2 \text{ mm} \times$ 長さ $0.6 \sim 1.2 \text{ mm}$ のステンレス製カットワイヤを、好適に用いることが出来る。

次に、本発明に係る表面加工装置について説明する。本発明に係る表面加工装置は、物体の表面を人工的に加工する装置である。物体としては中空体が例示され、その場合に加工対象は中空体内面、外面を含むあらゆる面である。本発明に係る表面加工装置においては、表面を構成面として含む密閉空間に表面加工材が投入された物体を任意の向きに固定し得る固定手段と、固定手段を揺動させる揺動手段と、を有することに特徴がある。

図4は、表面加工装置の一実施形態を示す斜視図である。表面加工装置70は、揺動手段74と、中空体を載せて固定する固定手段である架台73とから構成される。揺動手段74は原動機71と、原動機71に接続されたクランク72からなり、原動機71による回転運動をクランク72で往復運動に変え、架台73を矢印S2方向に揺動させることが出来る。架台73は、中空鑄物の形状と、揺動方向とが固定している場合には、特定の形状を呈してもよいが、平板でも構わず、中空鑄物を任意の向きに固定出来ればよく、限定されない。更に、架台73に中空体を固定する治具を設けてもよい。

例えば、図1及び図3に示すインテークマニホールド140を、表面加工装置70を用いて揺動させるには、中空部146に所定の表面加工材を投入して、外部空間を形成しつつ中空部146の各開口を閉じたインテークマニホールド140を、表面加工装置70の揺動方向である矢印S2方向に対して斜めとなる矢印

S方向（図3）とが一致するように、架台73に固定して、原動機71を稼動させればよい。

以上、本発明に係る表面加工体、表面加工方法、表面加工装置について説明した。次いで、以下に、本発明に係る中空鑄物の製造方法について説明する。

樋状体若しくはパイプのように内部に空間を有する（即ち、中空部を有する）成形体を、簡単な鑄造法により作製する際には、鑄型として、主型の他に、その中空部をつくるための中子が用いられる。

例えば、図20に示す中空鑄物130を得るために、図19（斜視図）及び図21（断面図）に示される鑄型120を用いることが出来る。鑄型120は、砂型成形された上型121及び下型122と砂製の中子123とからなり、中空鑄物130に相当するキャビティ129が形成されている。

一般に、キャビティ129に溶湯を注ぎ凝固した後に、上型121と下型122及び中子123を崩壊させて、中空鑄物130を得ることが出来る。ここで、中子123としては、例えば砂等を、バインダとして熱硬化性樹脂で固めて所望の形状に成形したものが使用される。ところが、中空鑄物の形状が、より複雑である場合には、中子の作製及び鑄造後の除去にかかる手間が多く環境負荷も高いという解決すべき問題を有していた。

以下、より複雑な形状の中空鑄物として、車両用通気系部品の1つであるインタークマニホールドを例示し、問題点を掲げて説明する（インタークマニホールドに関し先行技術文献として特許文献4を参照）。インタークマニホールドは、例えばアルミニウム合金を主原料として成形され、エンジンの各シリンダへ空気を供給する給気管である。

図1に、インタークマニホールドの一例を斜視図で示す。インタークマニホールド140は、サージタンク148から、エンジンのシリンダの各吸気ポートに接続される4つの分岐管149が分かれて形成される4気筒エンジン用の給気管である。インタークマニホールド140においては、その役割から、エンジンからみた混合気体（ガソリンと空気等）の吸入効率を向上させるために、中空部146における通気抵抗が小さくなるように、中空部146に対する壁部の表面を滑らかにすることが要求される。それに応えるため、従来、インタークマニホー

ルドの鑄造成形にあたっては、表面を滑らかにした中子を用いていた。

しかしながら、中子の表面を平滑にするためには、粒度が小さい砂等を使用し、成形し、且つ、表面に塗型剤を塗布する等の処理が必要となる。表面に塗型剤が塗布された中子は、砂等を固める樹脂から生じるガスが抜け難くなり、中子を出るだけ薄くした中空の中子にする必要があり、中子強度を下げることから取扱中に表面に亀裂を生じ易い。表面に亀裂が生じた中子を用いて作製されるインテークマニホールドには、亀裂部分に溶湯が差し込み、中空部146に対する壁部の表面にバリが発生し、かえって表面を粗くしてしまう。従って、中子の表面の滑らかさには一定の限界が生じ得ることから、インテークマニホールドの中空部に対する壁部の表面を滑らかにすることにも限界があった。

又、インテークマニホールド140のような形状の中空鑄物の場合には、中空部が曲折したり合流、分散しているため、中子を除去する際に、一部が中空部に残存し易い。従って、中空鑄物に衝撃を与えとか砂焼き等で、一度中子を崩して取り出し、外観仕上等を施した後に、再度、残存する中子砂の除去を行う必要が生じている。その際、単なるショットブラストでは中子砂を完全に除去出来難いことから、従来、ケイ砂やビーズを混合して所定圧力にて投射するホーニング仕上等により取り除くことが多い（中子砂の除去方法の先行技術文献として特開平7-308751号公報（特許文献9という）を参照）。

しかしながら、ホーニング等を行うためのコンプレッサと集塵機の初期設備費用及び運転費用が嵩み、加えて、除去された中子砂やホーニング材等を発生源とした微粉の廃棄が必要となる。更には、後の工程で切削加工を行う際に、中子砂等の残存物を有すると切削油を汚染し切削機の刃を傷め、ともに交換頻度が短くなり、廃棄物の増加を招来させていた。

以上、中空鑄物としてインテークマニホールドを例示して、従来の問題を説明した。従って、壁部により形成された中空部を有する鑄物であって、その中空部を形成する壁部が滑らかな鑄物を、製造工程において環境負荷を高めることなく、作製する手段を提供することが求められている。

鑄造成形の後に中子を取り除く工程を含む従来の製造方法について、見直しが行われ研究が重ねられた結果、以下に示す本発明に係る中空鑄物の製造方法によ

って、上記要望に応えられることが見出された。

以下、本発明に係る中空鋳物の製造方法について、実施形態を詳細に説明する。本発明に係る中空鋳物の製造方法は、主型として金型等、中子として砂型を使用して、壁部により形成された中空部を有する鋳物を製造する方法である。鋳造法は、その手段を限定するものではなく、所謂ダイキャスト法（高速射出）や低圧鋳造法（低速射出）を含み、所定形状のキャビティを有する鋳型に溶融した金属（溶湯）を注入し成形する方法であればよい。本発明に係る中空鋳物の製造方法においては、主型と砂製の中子とを用いて鋳造成形した後に、中子の除去処理と、中空部を形成する壁部（中空鋳物内面ともいう）に対する平滑化処理とを、同時に行うところに特徴を有する。

本発明に係る中空鋳物の製造方法は、図 18 に示されるように、例えば鋳造工程 101 と外観仕上工程 102 と内面仕上工程 103 とを有する。これら工程を含む製造方法の概略は次の通りである。

先ず、所定の材料を原料として用意し溶解し溶湯とした後に、必要に応じ清浄化処理を施す。そして、溶湯を鋳型へ注ぎ、冷却等により成形する（鋳造工程 101）。次いで、得られた成形体（中空鋳物）に発生したバリ等を除去し外側の形状を整える（外観仕上工程 102）。次いで、中子を崩して可能な限り除去する。そして、中空鋳物の中空部に、例えば金属球とカットワイヤからなる平滑化材を投入して揺動させて、残存した砂や残滓を除去するとともに、内面を平滑化する（内面仕上工程 103）。その後、必要に応じ熱処理等を施して中空鋳物の機械的性質を向上させてもよい。

以下、内面仕上工程 103 について詳説する。中空鋳物を形成する材料に適した硬さを有する平滑化材を、壁部により形成された中空部に投入し、その開口を閉じて、中空鋳物を揺動させる。そうすると、中空鋳物内面に対して、平滑化材が衝突を繰り返し、鋳肌から残存した砂や残滓を剥離させるとともに、平滑化材が中空鋳物内面を揺動による研磨乃至僅かに押し潰し変形させて、中空鋳物内面の平滑性を向上させる。

平滑化材としては、少なくとも大きめの（中空部の径より小さい）金属球（多孔体を含む）若しくは金属球より極小なカットワイヤを含むことが好ましい。金

属球若しくはカットワイヤを単独で用いてもよく、金属粒、研削剤乃至研磨剤、乾燥砂、等を混合し、2以上の混合物として、用いることも出来る。より好ましくは、少なくとも大きめの金属球を含む混合物である。又、大小の異なる金属球を用いることも好ましい。大きさの異なる平滑化材を混在させると、それら平滑化材が、より均一に漏れなく中空鑄物内面に対し衝突を繰り返し、残存物が除去され易い。又、大きめの金属球を混在させると、それにより加圧されて中空鑄物内面の平滑性が、より向上する。

金属球の径若しくはカットワイヤの長さ、あるいは、金属球若しくはカットワイヤを構成する材料は、中空鑄物の原料、中空鑄物の中空部の断面積、等を考慮して決定すればよく、限定されるものではない。例えば、中空鑄物がアルミニウム合金からなる車両用通気系部品の場合には、 $\phi 10 \sim 20$ mmの鋼球乃至ステンレス球、及び、 $\phi 0.6 \sim 1.2$ mm \times 長さ $0.6 \sim 1.2$ mmのステンレス製カットワイヤを好適に用いることが出来る。

又、上記したような平滑化材は、中空鑄物の中空部の体積に対して、概ね5～70%の体積になるように投入することが好ましい。平滑化材が中空部の中で自由に動き、平滑化材と中空鑄物内面との衝突回数が確保されることを担保するためである。

上記した本発明に係る中空鑄物の製造方法によれば、従来のように、残存物を除去するために、別工程としてホーニング処理等を行わず、且つ、中子の完全な除去と内面の平滑化とを同時に行うことから、製造工程が短縮されるとともに、ホーニング処理等に使用するコンプレッサと集塵機とが不要となる。加えて、ホーニング処理等を発生源とした微粉が中空部内に付着することもないので、後の工程における切削加工時に、切削油を汚染したり切削機の刃を傷め難く、廃棄物の発生を抑制する。

本発明に係る中空鑄物の製造方法は、コンプレッサと集塵機とが不要で二酸化炭素消費につながるエネルギー使用量が少なく、切削油を汚染し難くし切削機の刃を延命化することを通じて廃棄物の発生を抑制するという、環境負荷を軽減した手段である点において、作製する中空鑄物を選ばず有用である。

そして、特に、本発明に係る中空鑄物の製造方法により作製される中空鑄物の

好適な用途として、車両用通気系部品を挙げることが出来る。本発明に係る中空鋳物の製造方法は、得られる中空鋳物の中空部から残存物を除去するとともに中空部を形成する壁部を平滑化するので、流体の通過抵抗が低減されるとともに流体が汚染されることがなく、これら車両用通気系部品に好適である。

以下、車両用通気系部品について説明する。図2は、エンジンのシリンダヘッドを中心とした断面図である。ピストンが上下動するシリンダ51上に、吸気ポート54と排気ポート55とを有するシリンダヘッド52が設けられ、更に、インテークマニホールド53が接続されている。例えば、図示しないエアクリーナで濾過された空気は、インテークマニホールド53を通り、図示しない燃料噴射装置等により燃料と混合され混合気体となる。混合気体は、シリンダヘッド52の吸気ポート54を経てインテークバルブの開動作によりシリンダ51内に供給され、図示しない点火プラグにより燃焼する。エアダクトとは、エアクリーナとインテークマニホールドとを接続する給気管路である。

次に、本発明に係る中空鋳物の製造方法は、鋳鉄若しくは鋳造用軽合金を溶湯の主原料として用いることが好ましい。鋳鉄の種類は限定されるものではないが、より優れる機械的性質を有する球状黒鉛鋳鉄を用いることが好ましい。鋳造用軽合金のうち鋳造用アルミニウム合金は、熱処理の有無、含有する他元素及びその組成比、等により種々存在するが、その種類は限定されるものではない。日本工業規格により、JIS記号AC等で規定されているものを用いることが好ましく、例えば、AC4C、AC3A等を例示することが出来る。

以上、本発明に係る中空鋳物の製造方法について説明した。次いで、以下に、本発明に係る中空鋳物の砂除去方法について説明する。

槌状体若しくはパイプのように内部に空間を有する（即ち、中空部を有する）成形体を、簡便な鋳造法により作製する際には、鋳型として、主型の他に、その中空部をつくるための中子が用いられる。

例えば、図20に示す中空鋳物130を得るために、図19（斜視図）及び図21（断面図）に示される鋳型120を用いることが出来る。鋳型120は、上型121及び下型122と中子123とからなり、中空鋳物130に相当するキャビティ129が形成されている。中子123としては、例えば砂を熱硬化性樹

脂等で固めて所望の形状に成形したものが使用され、一般に、キャピティ 1 2 9 に溶湯を注ぎ凝固した後に、上型 1 2 1 と下型 1 2 2 を開き、中子 1 2 3 を崩壊させて、中空鋳物 1 3 0 を得ることが出来る。

ところが、中空鋳物の形状が複雑である場合には、中子を崩壊させたときに生じる砂が、特に中空部を形成する鋳肌から簡単には除去されず、この除去に手間がかかるという問題があった。

以下、複雑な形状の中空鋳物として、車両用通気系部品の 1 つであるインテークマニホールドを例示し、問題点を掲げて説明する（インテークマニホールドに関し先行技術文献として特許文献 4 を参照）。インテークマニホールドは、例えばアルミニウム合金を主原料として成形され、エンジンの各シリンダへ空気を供給する給気管である。

図 1 に、インテークマニホールドの一態様を斜視図で示す。インテークマニホールド 1 4 0 は、サージタンク 1 4 8 から、エンジンのシリンダの各吸気ポートに接続される 4 つの分岐管 1 4 9 が分かれて形成される 4 気筒エンジン用の給気管である。インテークマニホールド 1 4 0 の中空部 1 4 6 は、混合気体（ガソリンと空気等）が通過する部分であり、中子を用いて形成される。

インテークマニホールド 1 4 0 のような、より複雑な形状の中空鋳物の場合には、中子でつくられる中空部が、曲折したり、合流、分散しているため、先ず例えば衝撃を与えたり砂焼き等によって中子を崩壊させ、その後、中子砂を除去しようとしても、特に中空部を形成する鋳肌表面から砂を除去するのには手間を要する。

鋳肌表面に残存した中子砂の除去にあたっては、単なるショットブラストでは容易には除去されないことから、従来、ケイ砂やビーズを混合して所定圧力にて投射するホーニング仕上や、大気下において又は中空鋳物を水に浸漬させて、圧水を吹きつける手段、あるいは、チップング、ハンマリング等により中空鋳物自体を振動させる手段、等が行われている（中子砂の除去方法の先行技術文献として特許文献 9、特開平 9-182952 号公報（特許文献 10 という）、特開平 11-188477 号公報（特許文献 11 という）を参照）。しかし、それらの手段によっても、インテークマニホールド 1 4 0 のような曲折した中空部を有す

る中空鋳物の場合には、特に屈曲した中空部から容易には中子砂は除去されず、大変な手間を要していた。

以上、中空鋳物としてインテークマニホールドを例示して、従来の問題を説明した。従って、簡素な形状の鋳物であっても例え中空部が屈曲する等の複雑な形状の鋳物であっても、その鋳肌表面から、中子砂を、手間をかけずに十分に除去する手段を提供することが求められている。

従来の問題について見直し検討が重ねられ、新たな方法を探るべく研究が重ねられた結果、以下に示す本発明に係る中空鋳物の砂除去方法によって、上記要望に応えられることが見出された。

本発明に係る中空鋳物の砂除去方法は、壁部により形成された中空部を有する鋳物の表面から砂を除去する方法であり、特に、従来、砂の除去に手間を要していた中空部を形成する壁部表面（中空鋳物内面という）から砂を容易に除去し得る点において優れた効果を発揮する方法である。尚、本明細書において、鋳物の表面とは鋳肌、即ち鋳造したままの面のみを指すものではない。鋳肌は多くの場合小さな凸凹を有し砂の除去に手間がかかる面であるので、鋳肌から砂を除去するのに本発明に係る中空鋳物の砂除去方法は有用であるが、本発明に係る中空鋳物の砂除去方法はこの場合に限定されず、例えば表面に所定の加工を施した結果、表面からの砂の除去に手間がかかるようになった場合を含む。又、除去対象の砂とは主に砂製の中子を崩壊した後に鋳物の表面に残ったものをいうが、本発明によれば、砂以外に砂相当の異物を除去することが可能である。例えば固化した塗型剤等も除去出来る。更に、本明細書において、中空部を形成する壁部表面から砂を除去することを、中空鋳物内面から砂を除去する、あるいは、単に中空部から砂を除去するとも記す。砂は中空部空間に浮遊して存在するわけではないので何れの記載でも同義である。

本発明に係る中空鋳物の砂除去方法においては、壁部により形成された中空部に衝撃付与材を投入して鋳物を揺動させるところに特徴を有する。中空鋳物を形成する材料に適した硬さを有する衝撃付与材を壁部により形成された中空部に投入し、その開口を閉じて、以下に述べる好ましい揺れ幅、振動数、揺動時間で、中空鋳物を揺動させることによって、中空鋳物内面の全域にわたって、衝撃付与

材が衝突を繰り返す。それによって、衝撃付与材が中空鑄物全域に、衝撃・振動を生じせしめると、その衝撃・振動によって、中空鑄物内面に残存していた砂を含む全ての砂が、鑄肌表面から飛び出し、より容易に排出される。

継続的な振動のみでは砂の除去に時間乃至手間を要することは、従来のチッピング、ハンマリングでは簡単には砂除去出来ないことから明らかである。全体が振動していても砂は鑄肌から排出されない。砂除去には衝撃が必要である。従来のチッピング、ハンマリングでは特に振動作用点から離れた場所において簡単には砂が除去されないことがあったが、本発明に係る中空鑄物の砂除去方法では、衝撃付与材が中空部の中で自由に動き、中空鑄物内面の全域にわたって衝撃を生じさせるので、中空鑄物内面の全域を含む鑄物表面の全域で容易に砂が除去され得る。

又、従来のチッピング、ハンマリングでは、振動作用点と、そこから離れた場所とでは衝撃が大きく異なり、振動作用点において衝撃が大きすぎて鑄物に割れが生じることがあったが、本発明に係る中空鑄物の砂除去方法では、衝撃付与材が中空部の中で自由に動き、中空鑄物内面の全域にわたって概ね同等の衝撃を生じさせるので、鑄物に割れが生じることがない。

中空鑄物を揺動させるにあたり、中空部の開口を閉じるが、端部に中空部に続く外部空間を形成することが好ましい。外部空間を形成せずに中空部の開口を閉じると、開口端部まで衝撃付与材が移動し難くなり、開口端部において砂が溜まってしまうことがあるので好ましくない。

又、一部の中空部に衝撃付与材を投入し、これを揺動させることにより生じた衝撃・振動によって、衝撃付与材を投入していない中空部からも砂が除去出来る。例えば、図22(a)、図22(b)に示されるシリンダヘッド152では、吸気ポート154及び排気ポート155を閉空間として形成し、この中に衝撃付与材を投入しシリンダヘッド152を揺動することにより、衝撃付与材を投入しない複数の小さな中空部である冷却水路156内に残存している砂を除去することが可能である。尚、図22(a)、図22(b)は説明のための切断図であって、切断していないシリンダヘッド152は、(インテーク乃至エギゾースト)マニホールド接続口157と(吸気乃至排気)バルブポート158とを開口端部

とする吸気ポート154及び排気ポート155が中空部を形成している。従って、これら開口端部を覆蓋で閉じれば、吸気ポート154及び排気ポート155からなる閉空間を形成出来る。

衝撃付与材としては、少なくとも直径が概ね $\phi 3 \sim 30$ mmの金属球から構成されることが好ましい。同一の径の金属球を用いてもよく、又、異なる径の金属球の混合材を用いてもよい。更には、金属粒、研削剤乃至研磨剤、等を混合してもよい。

より好ましくは、少なくとも異なる径の金属球の混合材である。大きさの異なる衝撃付与材を混在させることにより、それら衝撃付与材が、より均一に漏れなく中空鑄物内面に対し移動を繰り返すとともに、大きめの金属球が中空鑄物内面へ砂を除去するに十分な衝撃を生じさせ得るからである。

金属球の径、あるいは、金属球を構成する材料は、中空鑄物を構成する材料、中空鑄物の中空部の断面積、等を考慮して決定すればよく、好ましくは径が概ね $\phi 3 \sim 30$ mmであるが、限定されるものではない。例えば、中空鑄物がアルミニウム合金からなる車両用通気系部品の場合には、 $\phi 10 \sim 20$ mmの鋼球乃至ステンレス球を好適に用いることが出来る。

又、衝撃付与材は、中空鑄物の中空部の体積に対して、概ね5～50%の体積になるように投入することが好ましい。加えて、衝撃付与材を投入する中空部は、鑄物の全ての中空部でなくてもよいが、鑄物全体にわたって形成されていることが好ましい。衝撃付与材が中空部の中で自由に動き、衝撃付与材と中空鑄物内面との衝突回数が確保されることを担保するとともに、その衝突により生じる衝撃・振動が全ての中空鑄物内面に十分に与えられるようにするためである。

以下、衝撃付与材と中空鑄物内面とを衝突させ衝撃を生じさせるための中空鑄物の揺動条件について記載する。本発明に係る中空鑄物の砂除去方法は、揺動条件を限定するものではないが、より好ましくは以下の通りである。

振動数は、概ね5～20 Hzであることが好ましい。衝撃付与材と中空鑄物内面との単位時間あたりの衝突回数を確保するためである。振動数が5 Hz未満では、衝撃付与材と中空鑄物内面との衝突回数が確保されず、衝突により生じた衝撃で早く且つ十分に砂が除去されないのが好ましくない。又、衝撃付与材（例え

ば鋼球)の数にもよるが、振動数が20Hz程度で砂は除去され得ることから、それより多くても費やすエネルギー対効果は低下するため、好ましくない。

又、揺動の揺れ幅は、概ね30～200mmであることが好ましい。中空部内での衝撃付与材の移動範囲を適切に設定することを通して、衝撃付与材と中空鋳物内面との単位時間あたりの衝突回数を確保するためである。揺れ幅が30mm未満では、衝撃付与材と中空鋳物内面との衝突回数が確保されず、衝突により生じた衝撃により早く且つ十分に砂が除去されないのが好ましくない。又、揺れ幅が200mmより大きくても、衝撃付与材が中空鋳物内面に接している時間が長くなるだけで、衝撃付与材と中空鋳物内面との衝突回数は増加せず、砂は除去され易くならない。

更には、揺動の延べ揺動時間は、概ね1～120分であることが好ましい。衝撃付与材と中空鋳物内面との延べ衝突回数を確保するためである。延べ揺動時間が1分未満では、衝撃付与材と中空鋳物内面との延べ衝突回数が確保されず、中空鋳物内面の砂が十分に除去されないおそれがあるので好ましくない。又、他の条件にもよるが、延べ揺動時間が120分程度で砂は完全に除去されるので、それより長く揺動させても中空鋳物製造にかかる時間対効果は向上しないため、好ましくない。

本発明に係る中空鋳物の砂除去方法においては、中空鋳物を揺動させる方向を、衝撃付与材と中空鋳物内面との衝突回数が確保されるように、選定することが好ましい。方向は中空鋳物の中空部の形状により決定すればよい。例えば、図1に示すインテークマニホールド140を揺動させる場合には、インテークマニホールド140の中空部146の長手方向に揺動させることは好ましくない。中空部146での移動距離が長くなる平滑化材の比率が増えて、揺動による平滑化材と中空鋳物内面との衝突回数が減じられるからある。インテークマニホールド140を揺動させる場合に好ましい揺動方向は、例えば、図1に示される矢印Rで示される方向である。揺動中に方向を変えることも好ましい。

以上、本発明に係る中空鋳物の砂除去方法について説明した。次いで、以下に、本発明に係る揺動装置について説明する。

加工品等に付いたバリ、はみ出し、スケール等を除去乃至清掃するための一方

法として、例えばバレル研磨が知られている。バレル研磨とは、その加工品等の被処理体を、けい砂等の研磨剤や研磨助剤と一緒に容器に入れ、容器ごと振動等をさせることにより、被処理体と研磨剤や研磨助剤とが衝突を繰り返し、被処理体の表面を平滑且つ清浄にすることが出来る研磨手段である。バレル研磨は、作業を自動化出来、研磨剤や研磨助剤の選定により仕上がりを調節することが可能であり、被処理体の全面を一度に研磨出来る、という特長を有し、多用されている研磨手段である。

このバレル研磨をはじめ、一般に研磨を行うに際しては、振動、粉塵、騒音等が発生することから、作業環境ひいては工場周囲の環境へ与える影響について留意する必要がある。多くの場合、集塵、防音、防振等の対策が施された特殊な研磨機を用いれば事足りるが、被処理体が例えば車両用部品等の鋳物である場合には、その大きさにより一度に複数の鋳物を研磨機に収容出来ない場合がある。又、被処理体どうしの衝突を避けたい場合がある。このようなとき、従来の研磨機では、個別に順次処理する必要性が生じ、処理効率が上がり、大量生産に適さない。一方、研磨機台数を増やせば時間あたりの処理量は増加するが、設備コストが増大する。

ところで、揺動装置に近い装置にかかる先行文献として特開 2 0 0 1 - 3 0 0 6 4 号公報（特許文献 8 という）がある。ここでは、研磨処理向けではないが、鋳造品のワークの空洞の内壁面に付着した粉粒体等を除去する方法で使用される加振装置が開示されている。

以上、従来の問題を説明した。従って、加工品等を、振動、粉塵等の発生を抑えながら効率よく揺動させる手段が求められている。そして、その揺動手段によって加工品等に対し、研磨その他表面加工、等を施すことを可能とすることが求められている。

従来の問題について検討が重ねられ、新たな方法を探るべく研究が重ねられた結果、以下に示す本発明に係る揺動装置によって、上記要望に応えられることが見出された。

図 1 2 は本発明に係る揺動装置の一実施形態を示す上面図であり、図 1 3 は図 1 2 における C 矢視図（側面図）であり、図 1 4 は図 1 2 の D 矢視図（側面図）

である。

図示される揺動装置 2 では、揺動にかかる動力は原動機 3 6 により与えられる。原動機 3 6 で生じた回転運動は、伝導部材 3 5 により 2 つの回転軸 4 0 a, 4 0 b に伝わりこれらを回転させる。2 つの回転軸 4 0 a, 4 0 b は同時に回転するが、その回転運動は個々の回転軸 4 0 a, 4 0 b に 1 つずつ備わるクランク 3 8, 3 9 によって対向する二の往復運動に変換される。即ち、クランク 3 8 とロッド 4 1 a を介し接続される揺動板 4 2 a は、摺動案内機構の 1 つであるリニア軸受 4 3 a に沿って往復運動を行い、クランク 3 9 とロッド 4 1 b を介し接続される揺動板 4 2 b は、摺動案内機構の 1 つであるリニア軸受 4 3 b に沿って往復運動を行い、且つ、それら往復運動は、揺動板 4 2 a が方向 F 1 1 へ進むときに揺動板 4 2 b が方向 F 1 2 へ進み、揺動板 4 2 a が方向 R 1 1 へ進むときに揺動板 4 2 b が方向 R 1 2 へ進むような動作で行われる。換言すれば、揺動板 4 2 a, 4 2 b が、2 つの回転軸 4 0 a, 4 0 b を挟みこれらの対称軸を自らの対称軸として、対向するように往復運動する。

この往復運動により、揺動板 4 2 a と揺動板 4 2 b 上にそれぞれ固定された被揺動体 4 4 a と被揺動体 4 4 b とが対向方向に同時に揺動し、揺動板 4 2 a の往復運動及び被揺動体 4 4 a の揺動にともなって発生する振動と揺動板 4 2 b の往復運動及び被揺動体 4 4 b の揺動にともなって発生する振動とが互いに打ち消し合い抑えられる。従って、作業環境は改善され、工場周囲の環境への影響は低減される。

揺動装置 2 は、架台 3 1 に台板 3 3 が載置されており、架台 3 1 には原動機 3 6 を含む全ての構成要素が取り付けられる。原動機 3 6 は防振架台を用いて設置してもよい。図示される原動機 3 6 は電動機であるが、本発明において原動機は電動機に限定されず内燃機関等であってもよい。

台板 3 3 には回転軸取付ブラケット 3 4 が設けられ、更に回転軸取付ブラケット 3 4 には軸受 4 5 が取り付けられ、一方、台板 3 3 の下面にも他の軸受 4 5 が取り付けられる。2 つの回転軸 4 0 a, 4 0 b は、これら複数の軸受 4 5 により、それぞれ台板 3 3 とは垂直方向に向けて回転自在に取り付けられる。そして、2 つの回転軸 4 0 a, 4 0 b は 1 つの伝導部材 3 5 を介して原動機 3 6 の回転軸

と接続される。

伝導部材 35 は例えば V ベルトであり、原動機 36 の回転軸及び 2 つの回転軸 40 a, 40 b にそれぞれ設けられたプーリー 37 を介して回転運動を伝達する。原動機 36 の回転制御と併せて、これらプーリー 37 の径等を変更することによる 2 つの回転軸 40 a, 40 b の回転数制御を通じ、揺動板 42 a, 42 b の往復運動（即ち被揺動体の揺動）にかかる振動数制御を行うことが可能である。

回転軸の仕様は限定されず、所定の強度を有するものであれば、径、材料等は限定されない。又、伝導部材の仕様も限定されず、タイミングベルトやギア等でもよい。軸受は、回転運動する回転軸を支えるものであれば限定されない。

回転軸 40 a, 40 b にはそれぞれクランク 38, 39 が備わり、それらクランク 38 とクランク 39 とは、図 12、図 13 に示されるように、 180° 反対方向を向いている。そして、揺動板 42 a と揺動板 42 b とが、2 つの回転軸 40 a, 40 b を挟んで概ね対称に 1 枚ずつ配置され、揺動板 42 a は回転軸 40 a のクランク 38 とロッド 41 a を介して接続され、揺動板 42 b は回転軸 40 b のクランク 39 とロッド 41 b を介して接続される。

被揺動体 44 a, 44 b が載せられ固定される揺動板 42 a, 42 b は、応用性に優れた平板であり、各々 2 つのリニア軸受 43 a, 43 b に、移動自在に取り付けられる。リニア軸受は摺動案内機構の 1 つであり、直線運動を行う被揺動体の案内に玉又はころを用いた軸受である。

摺動案内機構として、リニア軸受の他に無限摺動用ボールスプライン軸受や無給油軸受、等を採用出来る。その詳細仕様、及び、揺動板を摺動案内機構に取付する態様については、高速の往復運動が実現出来、且つ、往復運動の際に外れ難いものであれば、限定されるものではない。又、揺動板は、被揺動体を固定出来れば形状等は限定されず、被揺動体が特殊な形状を呈する場合には、取付治具を介して固定するようにしてもよい。

このようなクランク 38, 39 の態様により、原動機 36 の与えた回転運動が、クランク 38, 39 に接続され分配配置された揺動板 42 a, 42 b の概ね水平に対向する二の往復運動に変換される。そして、揺動板 42 a に固定された被揺動体 44 a と、揺動板 42 b に固定された被揺動体 44 b とが、水平に対向す

る方向に、同時に、揺動し、互いに振動を打ち消し合うことになる。

次に、図15は本発明に係る揺動装置の他の実施形態を示す上面図であり、図16は一部を透視した図15のB矢視図（側面図）であり、図17は図15のA-A断面図（側面図）である。

図示される揺動装置1では、揺動にかかる動力は原動機16により与えられる。原動機16で生じた回転運動は、1次伝導部材15により1次回転軸14に伝わり1次回転軸14を回転させる。そして、2次伝導部材17を経て2次回転軸20に伝わり2次回転軸20を回転させる。2次回転軸20は回転するが、その回転運動は2次回転軸20に備わる2つのクランク18、19によって対向する二の往復運動に変換される。即ち、クランク18とロッド21aを介し接続される揺動板22aは、摺動案内機構の1つであるリニア軸受23aに沿って往復運動を行い、クランク19とロッド21bを介し接続される揺動板22bは、摺動案内機構の1つであるリニア軸受23bに沿って往復運動を行い、且つ、それら往復運動は、揺動板22aが方向F1へ進むときに揺動板22bが方向F2へ進み、揺動板22aが方向R1へ進むときに揺動板22bが方向R2へ進むような動作で行われる。換言すれば、揺動板22a、22bが2次回転軸20を対称軸として対向するように往復運動する。

この往復運動により、揺動板22aと揺動板22b上にそれぞれ固定された被揺動体24aと被揺動体24bとが対向方向に同時に揺動し、揺動板22aの往復運動及び被揺動体24aの揺動にともなって発生する振動と揺動板22bの往復運動及び被揺動体24bの揺動にともなって発生する振動とが互いに打ち消し合い抑えられる。従って、作業環境は改善され、工場周囲の環境への影響は低減される。

揺動装置1は、架台11に台板13が載置されており、架台11には原動機16を除く全ての構成要素が取り付けられる。原動機16は防振架台を用いて設置してもよい。図示される原動機16は電動機であるが、本発明において原動機は電動機に限定されず内燃機関等であってもよい。

台板13の下面側には1次回転軸14が軸受25により回転自在に取り付けられ、1次回転軸14は1次伝導部材15を介して原動機16の回転軸と接続され

る。更に、台板 13 の上面側には 2 次回転軸 20 が軸受 25 により回転自在に取り付けられ、2 次伝導部材 17 を介して 1 次回転軸 14 と接続される。

1 次伝導部材 15 及び 2 次伝導部材 17 はタイミングベルト（歯付伝導ベルト）であり、原動機 16 の回転軸、1 次回転軸 14、2 次回転軸 20 にそれぞれ設けられたギアと噛み合って回転運動を伝達する。原動機 16 の回転制御と併せて、これらギア比を変更することにより、2 次回転軸 20 の回転数制御を通じ揺動板 22 a、22 b の往復運動（即ち被揺動体の揺動）にかかる振動数制御を行うことが可能である。

1 次回転軸及び 2 次回転軸の仕様は限定されず、所定の強度を有するものであれば、径、材料等は限定されない。又、1 次伝導部材及び 2 次伝導部材の仕様も限定されず、V ベルトやギア等でもよく、同じ仕様である必要もない。軸受は、回転運動する回転軸を支えるものであれば限定されない。

2 次回転軸 20 には 2 つのクランク 18、19 が備わり、それらクランク 18 とクランク 19 とは、図 15、図 16 に示されるように、180° 反対方向を向いている。換言すれば、2 次回転軸 20 の軸線を通る平面上に別方向を向いた 2 つのクランク 18、19 が備わっている。そして、揺動板 22 a と揺動板 22 b とが、2 次回転軸 20 に対し概ね対称に 1 枚ずつ配置され、揺動板 22 a は 2 次回転軸 20 のクランク 18 とロッド 21 a を介して接続され、揺動板 22 b はクランク 19 とロッド 21 b を介して接続される。

被揺動体 24 a、24 b が載せられ固定される揺動板 22 a、22 b は、応用性に優れた平板であり、各々 2 つのリニア軸受 23 a、23 b に、移動自在に取り付けられる。

揺動案内機構の詳細仕様、及び、揺動板を揺動案内機構に取付する態様については、高速の往復運動が実現出来、且つ、往復運動の際に外れ難いものであれば、限定されるものではない。又、揺動板は被揺動体を固定出来れば形状等は限定されず、被揺動体が特殊な形状を呈する場合には、取付治具を介して固定するようにしてもよい。

このようなクランク 18、19 の態様により、原動機 16 の与えた回転運動が、クランク 18、19 に接続された揺動板 22 a、22 b の 2 次回転軸 20 に対

し概ね対称且つ水平に対向する二の往復運動に変換される。そして、揺動板 2 2 a に固定された 2 つの被揺動体 2 4 a と、揺動板 2 2 b に固定された 2 つの被揺動体 2 4 b とが、水平に対向する方向に、同時に、揺動し、互いに振動を打ち消し合うことになる。

本発明に係る揺動装置は、加工品等を、振動、粉塵等の発生を抑えながら効率よく揺動させる手段であって、何を被揺動体とするか等の具体的用途や、揺動が生じさせる効果、等を限定するものではない。以下、本発明に係る揺動装置が提供し得る用途及び効果を例示する。

本発明に係る揺動装置は、例えば、バリ、はみ出し、スケール等が付いた加工品等と研磨剤や研磨助剤との混合物を被揺動体とし、例えばこれらを一緒に容器に入れて揺動させることにより、加工品等の表面を平滑且つ清浄にすることが出来る。揺動によって研磨剤や研磨助剤が加工品等に衝突を繰り返し、加工品等の表面が研磨されると考えられる。

又、本発明に係る揺動装置は、特許文献 8 に記載された加振装置と同様の効果を別の手段で生じさせ得る。例えば、中空部に少なくとも多面体乃至球状体を呈する金属を投入し中空部を閉じた中空鑄物を被揺動体とし、これを揺動させることにより、中空部を形成する壁部の表面に残存した粉粒体等を除去することが出来る。揺動によって少なくとも多面体乃至球状体を呈する金属が中空部を形成する壁部に衝突を繰り返して生じた衝撃が、粉粒体等を鑄肌から飛び出させ除去するものと考えられる。

更に、本発明に係る揺動装置は、被揺動体が、中空体と表面加工材との混合物である場合に好適である。中空体とは上記中空鑄物を含み中空部を有する加工体をいい、加工体とは所定の加工が施される又は加工が施された物体をいう。例えば、中空部に少なくとも多面体乃至球状体を呈する表面加工材を投入し中空部を閉じた中空体を被揺動体とし、これを揺動させることにより、中空部を形成する壁部の表面に所定の加工を施すことが出来る。所定の加工とは、限定されないが例えば壁部の表面にディンプルを形成することである。ディンプルを形成した中空部は流体が通過する際の抵抗を低減するので、このような加工が施された中空体は、気体、液体等の流体を扱う機器部材等として好適である。具体的には、中

空体として、インテークマニホールド、タービンハウジング、コンプレッサカバー、シリンダヘッド、エアーダクトからなる車両用通気系部品群から選ばれる何れか1の鋳物を挙げることが出来る。これらは中空鋳物であるから、表面加工材として、上記の如く少なくとも多面体乃至球状体を呈するものであって少なくとも金属材料からなるものを含むことが好ましい。

本発明に係る揺動装置は揺動条件を限定するものではないが、例えば、被揺動体を研磨するために加工体等と研磨剤等との混合物を揺動する場合や、ディンプル形成するために加工体等と表面加工材との混合物を揺動する場合に、好ましい条件としては、振動数が概ね3～30Hzであり、揺動の揺れ幅（振幅）は概ね10～500mmである。又、好ましい延べ揺動時間は概ね3～180分である。従って、これらに合わせて適正な仕様になるように本発明に係る揺動装置について各構成要素の材料選定、機械的強度の決定等を行うことが好ましい。

（実施例）

次に、実施例に基づいて、本発明に係る表面加工体を更に詳細に説明するが、これらの実施例に限られるものではない。

表面加工体として中空鋳物である6気筒V型エンジン用のインテークマニホールドを、鋳造用アルミニウム合金を原料として、鋳造法により4体成形し用意した。

（実施例1）成形されたインテークマニホールドについて、振動衝撃を与えて中子を崩し除去した後に、気体供給管路である中空部の中へ表面加工材としてφ10mmの鋼球41個とφ20mmの鋼球3個とを投入し、振動数8Hz、揺れ幅60mmで100分間、揺動させ、中空部の加工を試みた。結果を表1に示す。尚、インテークマニホールドの形状を図5に示す（図5は中空部を切断して露わにした図である）。又、揺動方向は、図5中の矢印S3で示す方向とした。

（比較例1）表面加工材としてφ0.6mmのステンレス製ショット玉を用い、揺動時間を120分間とした以外は、実施例1と同様にして、中空部の加工を試みた。結果を表1に示す。

（比較例2）表面加工材としてホーニング砂の珪砂を用い、揺動時間を120分間とした以外は、実施例1と同様にして、中空部の加工を試みた。結果を表1

に示す。

(比較例 3) 表面加工材として砥石くずを用い、揺動時間を 120 分間とした以外は、実施例 1 と同様にして、中空部の加工を試みた。結果を表 1 に示す。

(表 1)

	振動数 [Hz]	揺れ幅 [mm]	表面加工材	揺動時間 [分]	表面粗さ R _a [μm]
実施例 1	8	60	鋼球 φ10mm×41個 鋼球 φ20mm×3個	100	2.00
比較例 1	8	60	SUSショット玉 (φ0.6mm)	120	6.90
比較例 2	8	60	ホーニング砂 (珪砂)	120	9.48
比較例 3	8	60	砥石くず	120	7.04

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明によれば、流体中を相対的に運動し表面に特徴を有する表面加工体を提供される。又、そのような表面加工体を得ることが出来る表面加工方法、表面加工装置が提供される。本発明に係る表面加工体によれば、流体が表面を流れる際の流れ状態が改善され、流体の抵抗を低減することが可能である。本発明に係る表面加工体である中空鑄物として、例えばインテークマニホールド等の車両用通気系部品を作製することが出来、この車両用通気系部品の提供を通して、例えばエンジンの出力アップを図ることが出来る。

又、本発明に係る中空鑄物の製造方法によれば、ホーニング処理等の従来の手段を用いずとも平滑化を兼ねて中子を除去することが出来、又、特別に表面を平滑にした中子を用いずとも中空部を形成する壁部表面が滑らかな中空鑄物を得ることが出来る。従って、中子が、より安価に作製出来る上に、得られる中空鑄物に中子由来のバリ発生等の問題が生じ難い。又、ホーニング処理等にかかる設備

及び運転コストが低減出来、製造工程の短縮が図れる。更には、平滑化材は繰り返し利用可能であり、後の工程において切削油及び切削機の刃の交換頻度が延びることから、廃棄物の発生量は低減される。そして、これらの効果を通して環境負荷の低減に寄与し得る。

更に、本発明に係る中空鋳物の砂除去方法によれば、中空鋳物の形状が、簡素である場合は勿論のこと、中空部が曲折しているような複雑なものである場合にも、その中空鋳物の表面から、中子砂を、容易且つ充分に、除去することが出来、表面から中子砂が除去された、クリーンな中空鋳物を得ることが可能である。

尚更に、本発明に係る揺動装置によれば、鋳物やその他加工品等を、それら自体及び揺動装置の振動を抑え、効率よく、揺動させることが出来る。そして、鋳物やその他加工品等を対象として、研磨、研削、ディンプル形成その他の表面加工、中子砂の除去その他不要残留物の除去、等に応用することにより、当該処理を施した鋳物やその他加工品等の競争力向上に資する。

請求の範囲

1. 流体中を相対的に運動する表面加工体であって、その表面に、径が $10 \sim 2500 \mu\text{m}$ であり深さが $50 \mu\text{m}$ 以下であり且つ連続して形成されたディンプルを有することを特徴とする表面加工体。
2. 前記ディンプルが、不定形状である請求項1に記載の表面加工体。
3. 鋳造成形された鋳物である請求項1に記載の表面加工体。
4. 壁部により形成された中空部を有し、前記表面が、前記中空部を形成する壁部の表面である請求項1に記載の表面加工体。
5. 鋳鉄又は鋳造用軽合金を主材料としてなる請求項1に記載の表面加工体。
6. 請求項5に記載の表面加工体であって、インテークマニホールド、タービンハウジング、コンプレッサカバー、シリンダヘッド、エアダクトからなる車両用通気系部品群から選ばれる何れか1の部品。
7. 流体中を相対的に運動する表面加工体であって、その表面に、径が $10 \sim 2500 \mu\text{m}$ であり深さが $50 \mu\text{m}$ 以下であり且つ連続して形成されたディンプルを有するとともに、表面粗さ R_a が $10 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする表面加工体。
8. 流体中を相対的に運動する表面加工体であって、鋳造成形された鋳物であり、壁部により形成された中空部を有し、前記中空部を形成する壁部の表面は、表面粗さ R_a が $10 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする表面加工体。
9. 流体中を相対的に運動する表面加工体の、表面を加工する方法であって、径が $\phi 5 \text{mm}$ 以上の多面体又は球状体が少なくとも含まれる表面加工材を、前記表面に衝突をさせることを特徴とする表面加工方法。
10. 前記表面加工材が、2種以上で構成される請求項9に記載の表面加工方法。
11. 前記衝突が、表面加工体及び前記表面加工材の何れか又は双方の揺動によって生じる請求項9に記載の表面加工方法。
12. 前記表面加工体が壁部により形成された中空部を有し、前記表面加工体の加工される表面が前記中空部を形成する壁部の表面であって、

前記中空部に前記表面加工材を投入して、前記表面加工体を揺動させて前記衝突を生じさせる請求項 9 に記載の表面加工方法。

13. 前記表面加工材の投入量が、前記中空部に対し、体積比で略 5 ～ 70 % である請求項 12 に記載の表面加工方法。

14. 前記揺動にかかる振動数が、略 5 ～ 20 Hz である請求項 12 に記載の表面加工方法。

15. 前記揺動にかかる揺れ幅が、略 30 ～ 200 mm である請求項 12 に記載の表面加工方法。

16. 前記揺動の延べ揺動時間が、略 3 ～ 120 分である請求項 12 に記載の表面加工方法。

17. 前記表面加工体を構成する主材料が、鋳鉄又は鋳造用軽合金である請求項 9 に記載の表面加工方法。

18. 前記表面加工材の少なくとも一部が、金属材料からなる請求項 17 に記載の表面加工方法。

19. 物体の表面を人工的に加工する装置であって、

前記表面を構成面として含む密閉空間に表面加工材が投入された前記物体を任意の向きに固定し得る固定手段と、前記固定手段を揺動させる揺動手段と、を有することを特徴とする表面加工装置。

20. 前記揺動手段が、原動機と、前記原動機に接続されたクランクとを有する請求項 19 に記載の表面加工装置。

開示内容の要約

流体中を相対的に運動する表面加工体であって、その表面に、径が10～2500 μm 且つ深さが50 μm 以下であるディンプルが連続して形成された表面加工体である。この表面加工体は、流体中に存在する物体に対する流体の抵抗を従来より大きく低減し、流体の流れ状態を大きく改善する。